

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN LABORATORIO VIRTUAL DE APLICACIONES INDUSTRIALES CON LÁSER

J. L. Ocaña^{1,2*}, A. García-Beltrán^{1,3}, C. Molpeceres^{1,2}, M. Morales^{1,2},
J. M. González¹ y M. Blasco¹

1: Centro Láser UPM,
Ctra. de Valencia, km. 7,3, Campus Sur U.P.M. (Edificio "La Arboleda"), 28031 Madrid
e-mail: jlocana@etsii.upm.es web: <http://www.upmlaser.upm.es>

2: Grupo de Innovación Educativa en Física y sus Aplicaciones Industriales
ETS de Ingenieros Industriales UPM. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
e-mail: jlocana@etsii.upm.es web: <http://ambra.faii.etsii.upm.es>

3: Grupo de Innovación Educativa de Representación y Evaluación del Conocimiento
ETS de Ingenieros Industriales UPM. C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid
e-mail: agarcia@etsii.upm.es web: <http://www.dii.etsii.upm.es>

Resumen. *El objetivo de este trabajo es el diseño y desarrollo de un laboratorio virtual de aplicaciones industriales de los láseres de potencia. La posibilidad de utilizar modelos de simulación con una determinada gestión del conocimiento para facilitar la realización de experimentos prácticos en asignaturas relacionadas con las aplicaciones industriales del láser, así como para el adiestramiento del cuadro técnico de estos sistemas puede ser muy ventajoso con vistas a la reducción del tiempo, recursos y coste del entrenamiento. Si estos modelos son accesibles a través de internet la ventaja se multiplica, ya que esta característica flexibiliza el procedimiento de aprendizaje al eliminar las restricciones espacio-temporales del proceso de instrucción haciendo posible y facilitando su uso tanto en asignaturas de titulaciones oficiales de impartidas en la ETSII-UPM como en la colaboración en la formación técnica entre organizaciones punteras del área de la tecnología láser de diferentes países.*

1. Introducción

El trabajo desarrollado en esta comunicación se enmarca dentro de un proyecto internacional a nivel europeo con el objeto de difundir la tecnología láser a nivel educativo: *LASTED.net* o *Laser Technology Educational Network*, proyecto financiado bajo el programa Leonardo da Vinci y que está relacionado con los experimentos remotos realizados a través de Internet de aplicaciones industriales de los láseres de potencia. Para ello se propuso el desarrollo de distintos laboratorios virtuales por parte de diversos organismos y centros de I+D del área de la tecnología láser de diferentes países europeos. En concreto, el equipo de autores de esta comunicación trabaja con el Centro Láser de Universidad Politécnica de Madrid. Este centro tiene como objetivo fundacional la de constituir un nexo de enlace entre la Universidad y el ámbito empresarial para el fomento de la investigación, el desarrollo y la difusión de las aplicaciones de la tecnología láser. En función de su carácter de centro de investigación, desarrollo e innovación, el centro aborda como cometidos principales:

- a) La promoción y participación en proyectos de investigación y desarrollo en colaboración con empresas y otros centros de investigación sobre temas tecnológicamente avanzados en los que la herramienta Láser proporcione soluciones ventajosas.
- b) El desarrollo de actividades específicas de desarrollo e innovación tecnológica sobre procesos industriales en los que asimismo la Tecnología Láser suponga una potencial mejora en colaboración con las empresas interesadas.
- c) La prestación de servicios específicos de aplicación de la Tecnología Láser a procesos productivos industriales que necesiten el empleo ocasional de esta herramienta.
- d) La organización y realización de actividades de difusión de la Tecnología Láser hacia las empresas del entorno industrial, a través de demostraciones prácticas de equipos, jornadas temáticas, reuniones de promoción, etc.
- e) La organización y realización de cursos monográficos de formación teórico-práctica a distintos niveles sobre Tecnología Láser dirigidos a personal técnico de las empresas y centros de investigación, técnicos de seguridad industrial, etc., así como a personal en formación dentro de programas específicos.

El desarrollo de este laboratorio virtual de aplicaciones láser pretende impulsar la utilización de las nuevas Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones como recurso de apoyo en la impartición de asignaturas relacionadas con la tecnología láser e impartidas en los Planes de Estudios de las titulaciones oficiales y en la divulgación y formación del personal técnico de este tipo de sistemas. Además, este propósito es coherente con la adaptación de las asignaturas de los nuevos Planes de Estudios en el marco de trabajo del Espacio Europeo de Educación Superior.

El esquema del sistema se muestra en la figura 1.

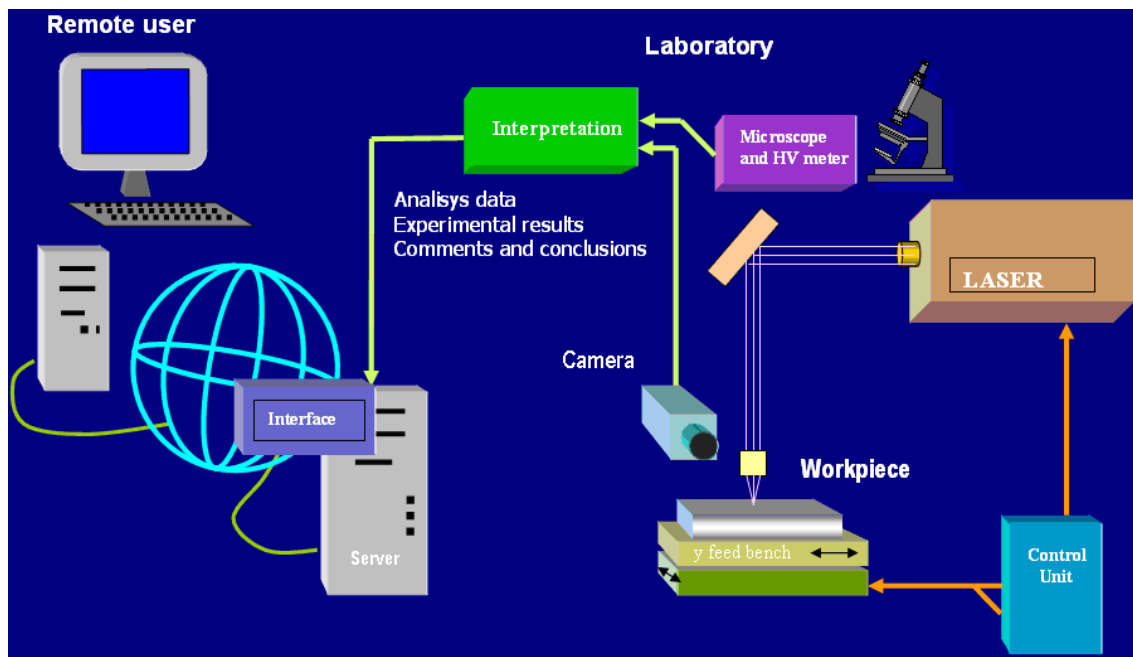


Figura 1. Esquema de la arquitectura del sistema

2. Objetivos

Se pretende la implementación y configuración de un conjunto de experimentos didácticos a través de Internet de diferentes aplicaciones industriales de los láseres de potencia. Uno de los objetivos de un laboratorio virtual debe ser que los usuarios puedan configurar de forma remota los parámetros fundamentales de cada proceso. Los parámetros pueden ser de diferente naturaleza: desde la selección del material a procesar hasta la elección de un valor de la potencia del sistema dentro de un intervalo determinado. El sistema debe facilitar además la correspondiente documentación *online* para que sirva de guía a los usuarios no necesariamente expertos en la tecnología. El proceso debe simularse o llevarse a cabo de forma efectiva en un sistema láser en tiempo real y facilitar posteriormente al usuario los resultados del ensayo. La interfaz de la aplicación debe poderse configurar en varios idiomas para facilitar su uso a personas de diversos países.

La tecnología láser permite llevar a cabo diversos procesos industriales (corte, soldadura, marcado, tratamiento y recubrimiento superficial, etcétera) de materiales con resultados mejores que los obtenidos con los métodos tradicionales, de una forma fácilmente automatizable y con un ahorro de recursos y tiempo considerable [1]. Una de las ventajas es la posibilidad de utilizar el mismo equipo láser para realizar distintos procesos configurando adecuadamente los parámetros de proceso (intensidad de energía incidente, tiempo de interacción del láser en la superficie del material...). Por ejemplo, en el caso de una soldadura de gran penetración en una plancha de acero es necesario alcanzar temperaturas que permitan alcanzar el estado de plasma en el metal mientras que en un temple superficial hay que evitar alcanzar la temperatura de fusión en la superficie del material. En este sentido, la determinación de los valores de dichos parámetros para cada proceso determinado se tiene como uno de sus puntos fundamentales dentro de la formación del personal encargado del funcionamiento de este tipo de equipos tanto en laboratorios de investigación como en instalaciones industriales.

Aunque el objetivo final incluye la consideración de diferentes procesos industriales con láser (corte, soldadura, temple superficial, recubrimiento y tratamiento por ondas de choque) y la posibilidad de realizar los experimentos en tiempo real, en una primera fase se ha optado por desarrollar un primer módulo de simulación de **temple superficial de aceros al carbono**. La finalidad en esta primera etapa es determinar los valores correctos de los parámetros fundamentales del proceso en el tratamiento térmico (temple) superficial de un acero al carbono con un equipo láser industrial de Nd:YAG.

3. El tratamiento térmico superficial de aceros con láser

El temple superficial consiste básicamente en calentar el material por encima de la temperatura de transformación austenítica donde la estructura inicial de cementita/ferrita del acero se transforma en austenita [2-6]. Tras la fase de calentamiento, la austenita se transforma en martensita debido a la alta velocidad de enfriamiento por la rápida conducción del calor hacia el seno de material. Esta transformación busca modificar la microestructura del material con el fin de obtener una mejora en las propiedades mecánicas (dureza y resistencia a la fatiga) con respecto al material base. Como ejemplos más típicos, este tratamiento se realiza en un buen número de aceros al carbono, inoxidables y fundiciones perlíticas en la

industria de la automoción (pistones, cojinetes, asientos de válvulas, guías,...) y del armamento.

El temple superficial con láser se logra aplicando un pulso o un haz continuo sobre la superficie del material metálico con intensidades del orden o superiores a $10^7 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Parte de la intensidad incidente es absorbida como energía térmica por la superficie del metal que se calienta localmente, y posteriormente, se deja enfriar por conducción hacia zonas más frías del interior del material. El rápido enfriamiento del material desde la región austenítica hasta la martensítica (de excelentes propiedades mecánicas) se produce sólo en la superficie del material dejando el interior prácticamente sin afectar. El límite superior para la temperatura de proceso en la superficie se establece en el punto de fusión ya que este cambio de fase no es deseable en la mayoría de los casos. El esquema se muestra en la Figura 2.

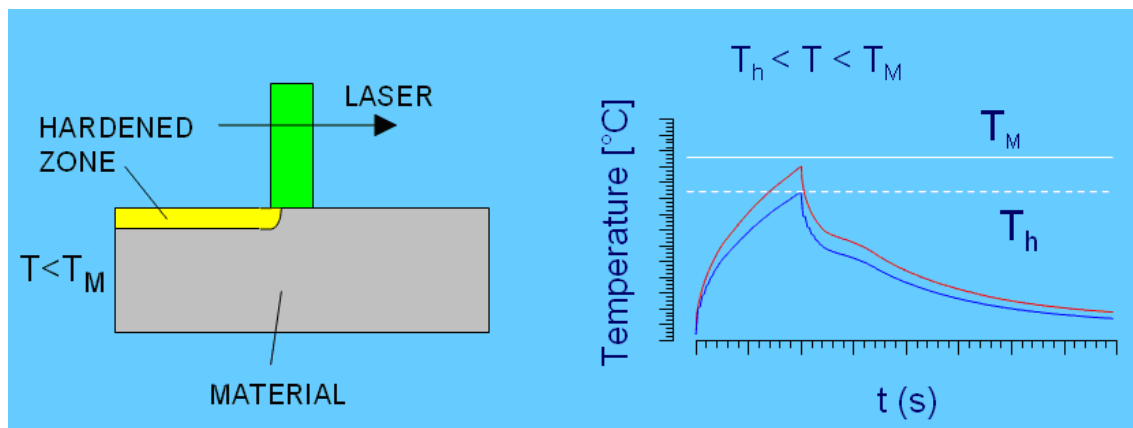


Figura 2. Esquema del proceso de temple con láser y sus ciclos térmicos

Si el material es susceptible de ser templado (posee templabilidad) entonces las durezas obtenidas son superiores a las conseguidas con los métodos tradicionales. La profundidad (de hasta más de unos pocos mm) y anchura del área templada pueden controlarse a través de los parámetros del proceso entre los que se encuentran principalmente la distribución de intensidad del haz y la velocidad de proceso (Figura 3). Normalmente se emplea una distribución de intensidad de haz de forma rectangular o circular con de tamaño relativamente grande (de varios mm, no focalizado): la intensidad de energía del haz usada en temple superficial no es tan grande con la empleada en otros procesos como corte o soldadura.

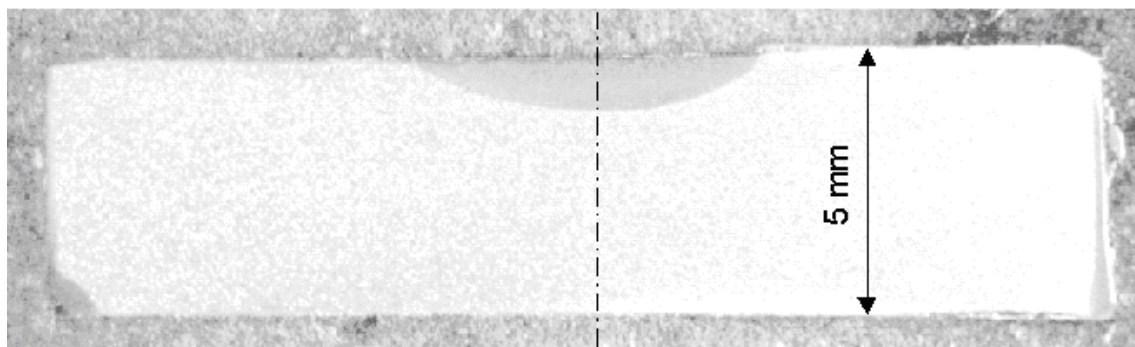


Figura 3. Sección transversal de una probeta de acero al carbono F1140 tras un temple superficial con láser. La zona oscura corresponde a la zona templada

Las ventajas de este proceso al realizarse con un sistema láser radican en el gran control que se tiene de la energía incidente sobre una geometría bien definida, la posibilidad de tratar áreas de difícil acceso, la mínima distorsión térmica en el resto del material no tratado y la no necesidad de contacto físico ni de esfuerzos mecánicos.

4. Arquitectura del sistema y tecnologías empleadas

El sistema sigue un modelo cliente-servidor: la aplicación está instalada en un ordenador (*servidor*) conectado a internet al cual pueden acceder los usuarios desde otros ordenadores (*clientes*) de la red mediante el servicio web [7].

Los sistemas y herramientas informáticas para la implementación del servidor pertenecen a la denominación de *software libre* (no es necesario ninguna licencia de uso) y son los siguientes:

- a) Sistema operativo *Ubuntu* (Linux), si bien para el primer prototipo se empleó Microsoft Windows XP Server. La posibilidad de configurar una interfaz gráfica de esta distribución facilita la administración del sistema [8].
- b) Servidor web *Apache HTTP Server*. Este servidor multiplataforma es el más empleado a nivel mundial y posee infinidad de paquetes y módulos que permiten trabajar con la mayoría de los lenguajes de programación de aplicaciones web, así como gestores de bases de datos [9].
- c) Sistema de gestión de la base de datos *MySQL*. Para bases de datos relacionales, eficientes, fácil de usar, gratuita para aplicaciones no comerciales y una de los más usados en internet [10].
- d) *PHP* [11] y *Javascript* [12] como lenguajes para la conexión con la base de datos y la creación de sitios web dinámicos.
- e) Administración de la base de datos a través del servicio web mediante la herramienta *phpMyAdmin* [13]
- f) Hojas de estilo *CSS* para la configuración de la presentación de la interfaz de la aplicación en la aplicación cliente [14].

El usuario del laboratorio virtual sólo necesita un navegador web y un ordenador conectado a internet para acceder a la aplicación.

5. Descripción del laboratorio virtual de tratamiento superficial

El laboratorio virtual de tratamiento superficial ha sido diseñado para simular las fases de preparación, realización y recogida y análisis de resultados de los procesos de temple con láser de un acero al carbono.

La aplicación ha sido desarrollada de forma que el usuario puede establecer en primer lugar como idioma de trabajo el inglés o el español. A continuación debe aparecer la ventana principal en la que el usuario puede elegir valores dentro de un conjunto discreto para tres parámetros característicos del proceso:

- a) la **potencia** del sistema láser
- b) el **diámetro** del haz láser incidente sobre la superficie del material y
- c) la **velocidad relativa** entre el cabezal que focaliza el haz láser y la superficie del material.

Los dos primeros valores determinan la **intensidad incidente** del haz láser mientras que los dos últimos parámetros fijan el **tiempo de interacción** sobre la superficie del material. Una vez seleccionados los valores, el usuario puede iniciar el proceso y visualizarlo en la pantalla de su ordenador como si lo estuviera realizando de forma presencial en tiempo real. La ventaja con respecto al proceso real es que al finalizar puede ver analizar los **resultados** de forma **inmediata** y automática.

El sistema facilita una primera descripción cualitativa del alcance del proceso y, en caso de que así lo solicite el usuario, proporciona las macrografías de las zonas afectadas del material, así como las distribuciones de las medidas de microdureza en dichas zonas obtenidas como resultado del proceso de temple superficial. Estos datos permiten establecer de forma cuantitativa la bondad de los valores de los parámetros seleccionados por el usuario al principio del experimento.

6. Generación empírica de la base de datos

Para implementar este procedimiento ha sido necesario crear una base de datos con 75 experimentos en cada uno de los cuales se ha trabajado con diferentes valores para los parámetros de configuración del proceso. En concreto los experimentos corresponden al producto cartesiano resultante de emplear cinco valores diferentes para la potencia (280, 440, 610, 770 y 1000 W), cinco para la velocidad (8, 10, 12, 15 y 20 mm/s) y tres valores para el diámetro de la distribución de intensidad incidente sobre la superficie (6, 8 y 10 mm).

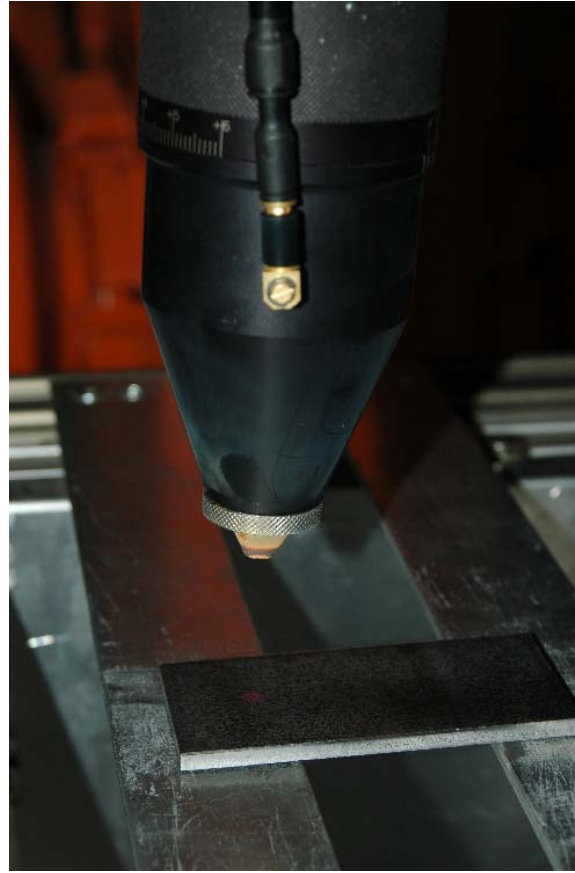
En la base de datos se han almacenados tanto estos datos de entrada de los experimentos como los vídeos del proceso real correspondiente y los resultados cualitativos y cuantitativos de todos ellos.

Para la ejecución de la parte experimental se han empleado las instalaciones del Centro Láser de la UPM con los siguientes equipos y materiales:

- a) Sistema láser de Nd:YAG continuo bombeado por diodos de la marca ROFIN-SINAR y modelo DY033 de 3.3kW de potencia y con salida de fibra óptica.
- b) Robot industrial antropomórfico de seis grados de libertad, modelo IRB 4400 de la marca ABB con capacidad de carga de hasta 60 kg, con conducción de haz láser por fibra óptica, especialmente adecuado para aplicaciones de alto grado de flexibilidad y dotado de cabezal de proceso laser (para corte, soldadura y tratamientos superficiales) a través de fibra (Figura 4.a). El cabezal de proceso se ha colocado con una inclinación de 5° con respecto a la vertical (Figura 4.b).
- c) Sistema de registro de video compuesto por cámara de video conectado a un ordenador con software de edición multimedia (Figura 4.c).
- d) Plancha de acero al carbono hipoeutectoide del tipo F1140 (equivalente a C45E), cortada en probetas de dimensiones 100 x 50 x 5 mm con un estado superficial homogéneo.
- e) Laboratorio metalográfico compuesto de un equipo cortador de probetas metálicas, una pulidora, un perfilómetro y un microdurómetro (Figura 4.d).



(a) Robot ABB modelo IRB 4400



(b) Detalle del montaje experimental



(c) Sistema de videograbación



(d) Microdurómetro, cortadora y pulidora

Figura 4. Equipos utilizados en los procesos reales de tratamiento superficial en el Centro Láser de la Universidad Politécnica de Madrid

7. La interfaz de usuario de la aplicación

La Interfaz de usuario puede ser reconstruida por cualquier navegador o aplicación cliente web compatible con HTML 4.0.

La aplicación está adaptada para poder trabajar con las siguientes configuraciones de resolución del monitor del usuario: 800 x 600, 1024 x 768 (configuración óptima), 1152 x 864, 1280 x1024 y 1600 x1200.

Se ha pretendido que la interfaz sea sencilla, clara y eficiente, para lo que toda la información se ha agrupado en una única ventana evitando la generación de múltiples ventanas que podrían dificultar el uso de la herramienta. Según este criterio se han definido varias zonas diferenciadas en la interfaz como se muestra en la figura 5.

<i>Cabecera de la aplicación</i>		
<i>Solapas de selección de proceso</i>		
<i>Área con la imagen del técnico de laboratorio</i>	<i>Área de información textual de instrucciones y de resultados cualitativos</i>	<i>Área de exposición de resultados en formato de imágenes y vídeo</i>
<i>Enlace al tutorial sobre tratamiento térmico con láser</i>	<i>Área del panel de control para la selección de los valores de los parámetros</i>	<i>Área de botones de control e iconos para la obtención de resultados</i>

Figura 5. División por áreas de la interfaz de usuario

En la figura 6 se muestra la página inicial de la aplicación de la interfaz en inglés del sistema. En el área superior central aparece una breve explicación de las instrucciones del experimento. El texto está incluido en un bocadillo atribuido a una caricatura de un técnico de laboratorio.

En la zona inferior central el usuario puede seleccionar los valores de los parámetros principales del proceso dentro de un conjunto discreto de valores mediante los correspondientes controles deslizantes en el panel de control.

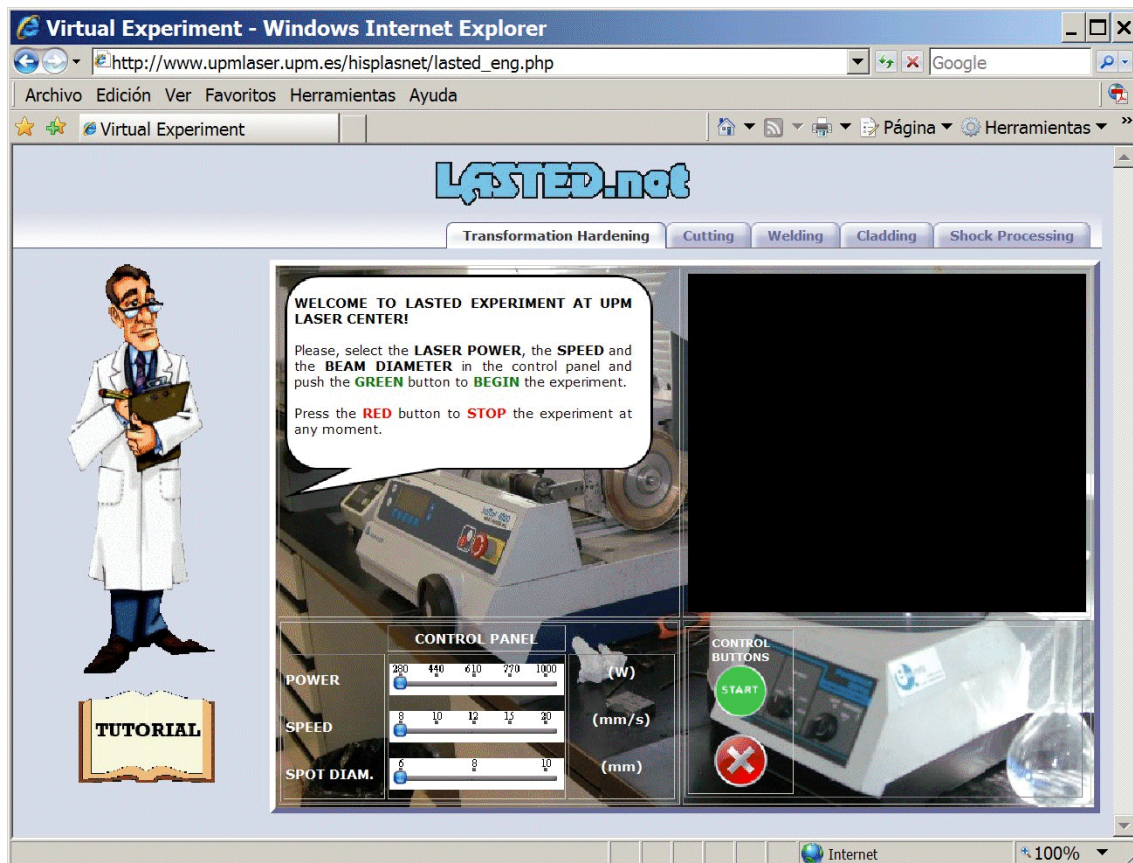


Figura 6. Navegador con la ventana inicial de la aplicación

Una vez seleccionados los valores de los parámetros, el usuario puede iniciar el proceso de temple pulsando el botón verde START. Esta acción tiene como consecuencia la aparición de la película del proceso en la ventana superior derecha de la aplicación.

En la figura 7 se presenta la interfaz de usuario durante la visualización del proceso. Como se ha indicado anteriormente el video del proceso de temple superficial correspondiente ha sido previamente grabado y almacenado en la base de datos del sistema. El tamaño de la imagen de video se ha establecido en 352 x 288 puntos para reducir el tiempo de descarga desde el servidor al cliente pero manteniendo la calidad del mismo. Dependiendo del valor de la velocidad relativa del cabezal láser en el proceso, la reproducción del video dura entre 7 y 19 segundos.

Durante su reproducción el usuario puede pulsar sobre el área del vídeo para que se abra una nueva ventana que permite ver la imagen a pantalla completa con el fin de observar mejor el proceso, pero también puede pulsar sobre el botón rojo para detenerlo.

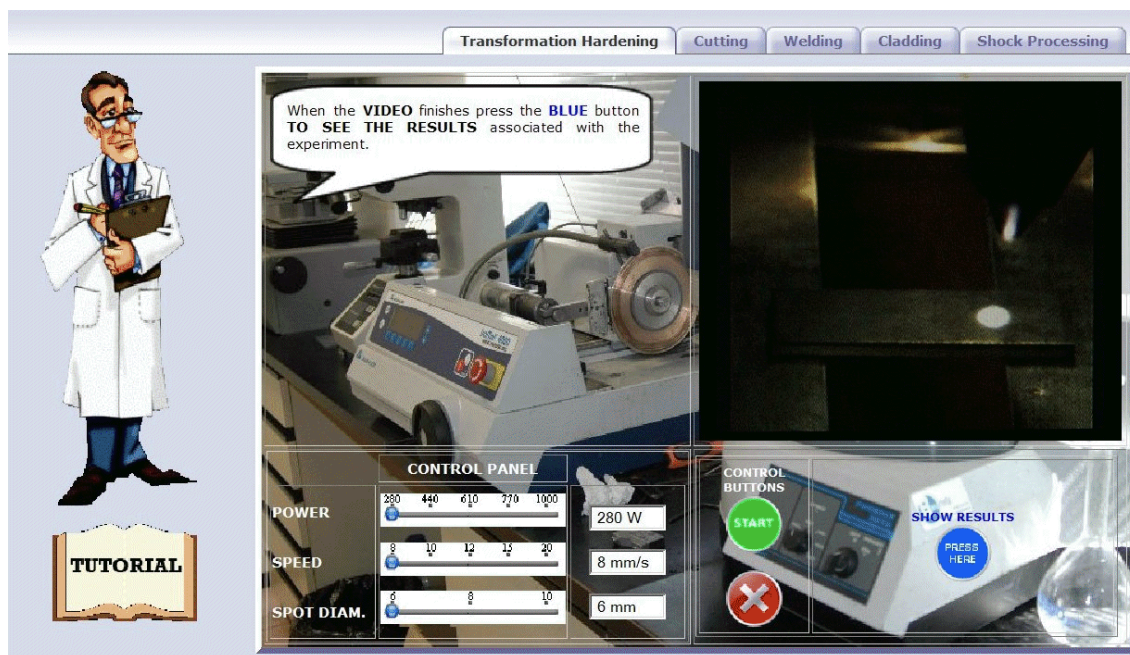


Figura 7. Ventana de la aplicación con la visualización del proceso

Al finalizar el proceso el usuario puede pulsar sobre el botón azul para obtener los resultados preliminares del ensayo recién terminado (Figura 8). El texto del área superior izquierda resume los efectos producidos en el material por la interacción con el haz láser y sugiere al usuario el próximo paso a realizar.

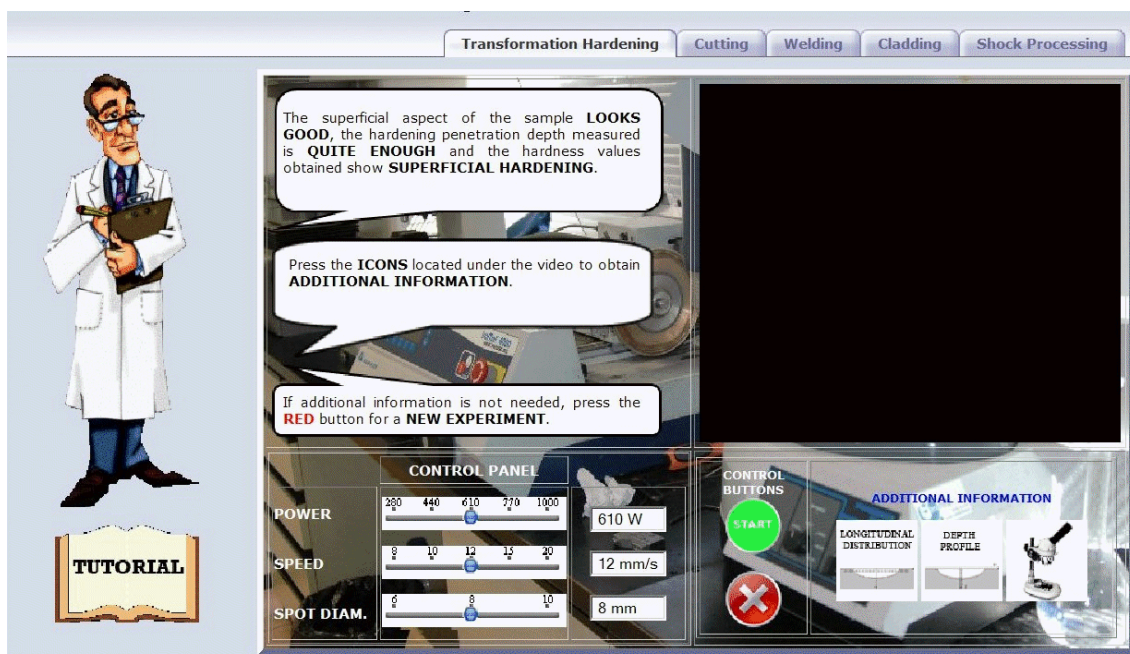


Figura 8. Ventana de la aplicación con los resultados del proceso

Los efectos producidos dependen de los valores de los parámetros elegidos. Dado que estos parámetros están fuertemente interrelacionados es fácil verificar que existen múltiples combinaciones de los mismos que conducen a resultados similares. En

aplicaciones industriales reales se buscaría alcanzar un tiempo de proceso lo más pequeño posible o una potencia laser mínima según las circunstancias. En general los experimentos se pueden clasificar en tres grandes grupos en función de la energía empleada del sistema láser:

- procesos con energía insuficiente para temprar la superficie del material (probeta no afectada térmicamente)
- procesos con resultado de temple superficial y
- procesos con energía excesiva en los que se produce temple pero también una indeseable fusión superficial del material (probeta fundida).

Dependiendo de los resultados preliminares, la aplicación permite al usuario obtener información adicional de los resultados. En estos casos, el área inferior derecha incorpora tres iconos con enlaces para recuperar más datos que ratifiquen los primeros indicios y cuantifiquen el alcance de la acción:

- una macrografía de la sección transversal de la probeta tratada
- el perfil horizontal de microdurezas según dicha sección
- el perfil vertical de microdurezas según dicha sección

La interfaz de la aplicación donde se muestra la macrografía de la sección transversal de la probeta se presenta en la Figura 9.

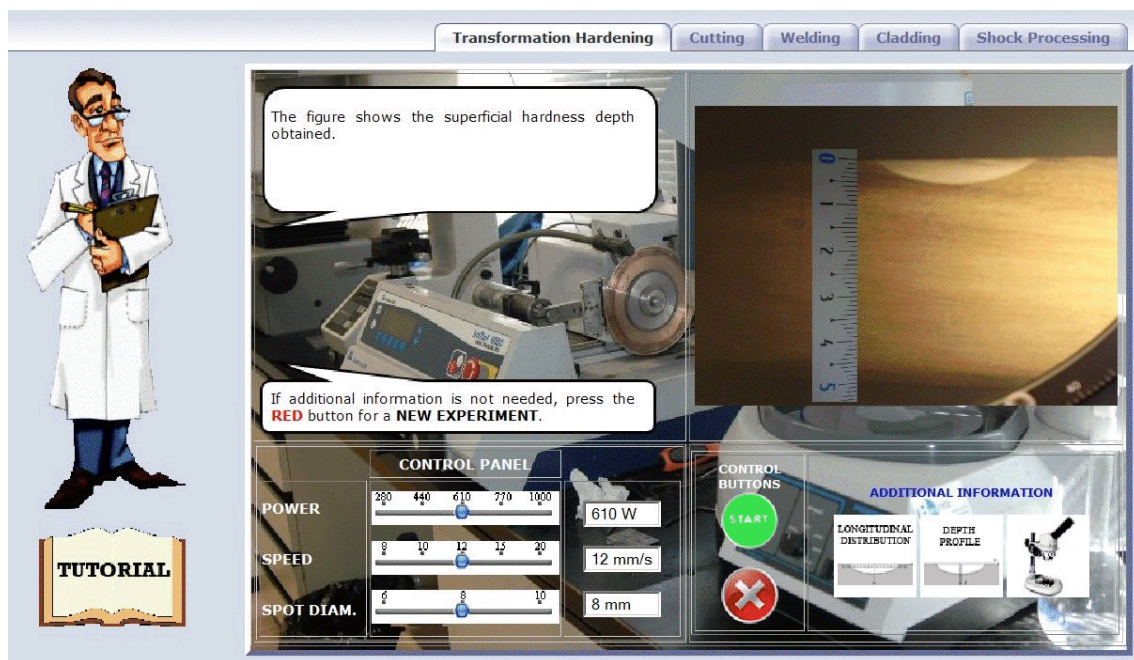


Figura 9. Resultados del proceso: macrografía de la zona afectada

Esta funcionalidad permite observar cualitativamente si se ha alcanzado el tratamiento superficial deseado y determinar cuantitativamente el tamaño del área afectada. En las Figuras 10 y 11 se muestran más resultados del proceso: el perfil de microdurezas obtenido en la sección transversal en función de la profundidad y el perfil de la misma sección paralelo a la superficie. Estos datos permiten confirmar los fines del proceso y determinar con mayor precisión la dureza obtenida en la probeta de

acero y la profundidad y anchura de la sección templada, en el caso en que se haya obtenido la transformación martensítica en la superficie del material.

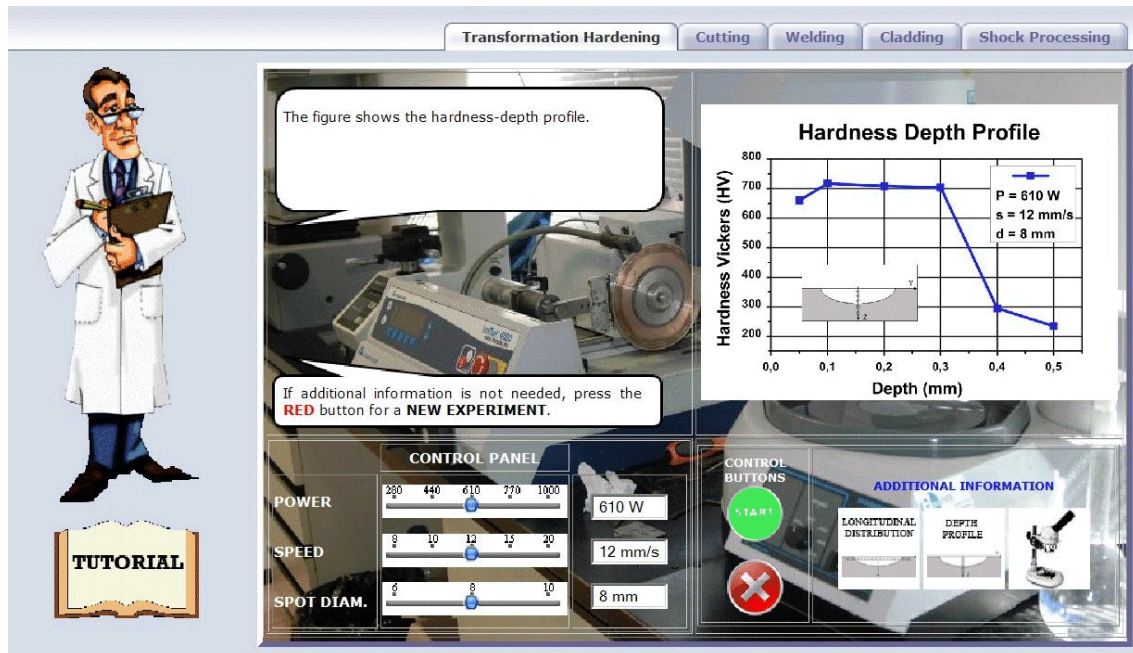


Figura 10. Resultados del proceso: perfil de microdurezas en función de la profundidad en la sección transversal de la probeta

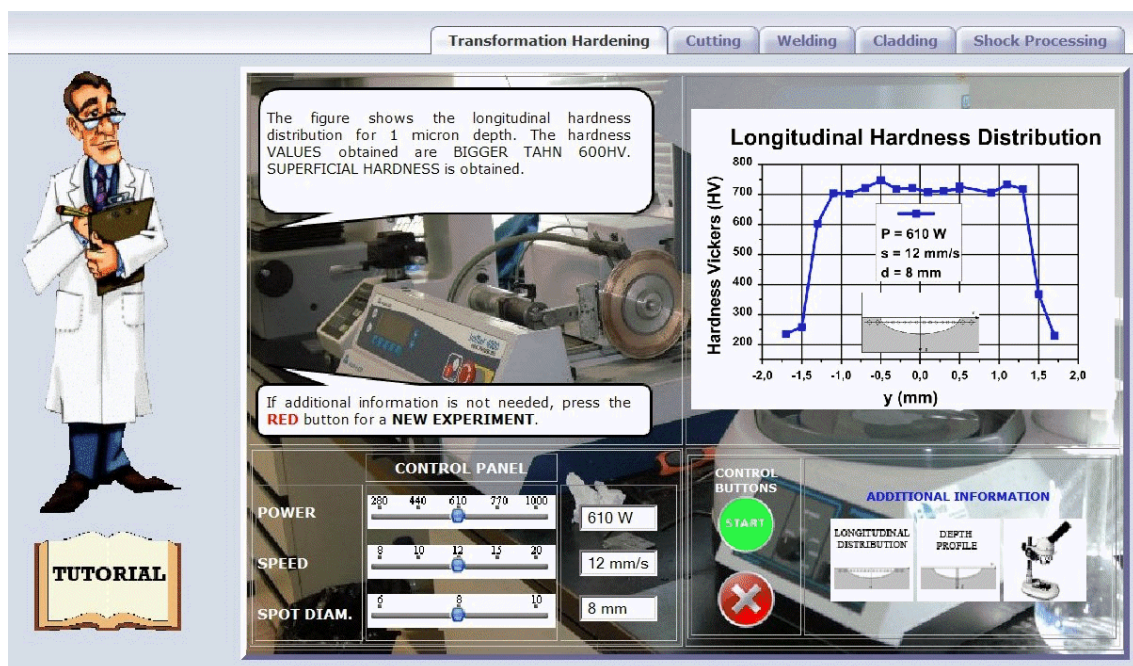


Figura 11. Resultados del proceso: perfil de microdurezas en paralelo a la superficie en la sección transversal de la probeta

Para volver a realizar un experimento, el usuario debe pulsar el botón rojo y volver a seleccionar los valores de los parámetros del nuevo proceso.

Por otro lado, el usuario puede obtener más información de los procesos de temple superficial con el enlace asociado al texto TUTORIAL que aparece en el área inferior izquierda de la aplicación. En la figura 12 se muestra la ventana con el contenido del tutorial indicado.

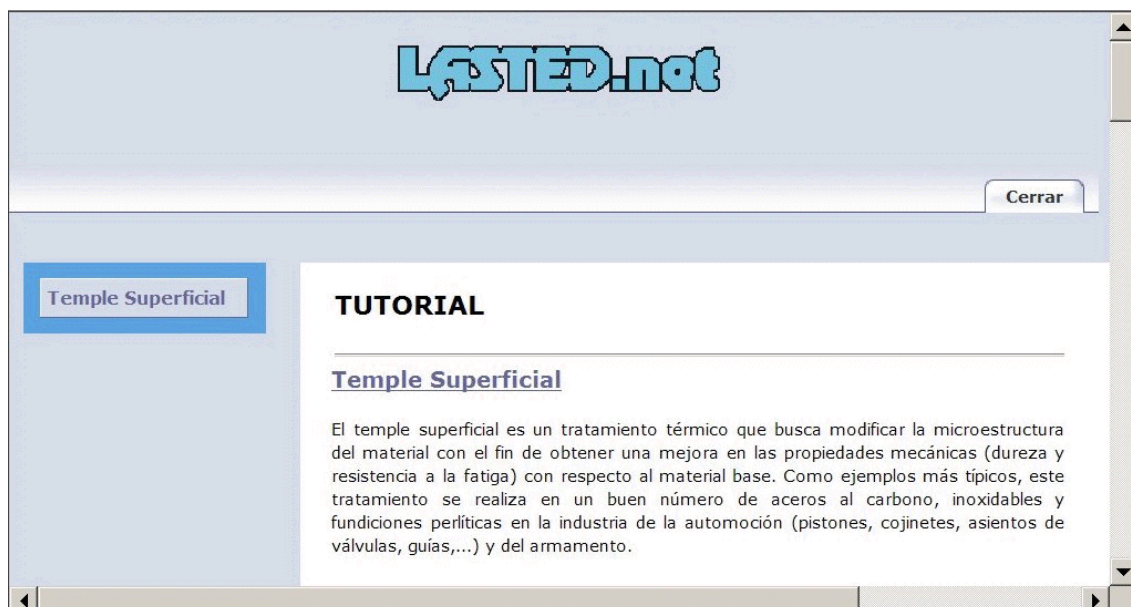


Figura 12. Tutorial *online* sobre el temple superficial de materiales con láser

8. Explotación del sistema

En esta primera fase el laboratorio virtual contempla la simulación de procesos de tratamiento térmico superficial y su uso en asignaturas de la titulación del máster de postgrado de Tecnologías Láser y en la asignatura de libre elección Aplicaciones Industriales del Láser en la ETSII-UPM.

Por otro lado, la opción de utilizar modelos de simulación con una determinada gestión del conocimiento para facilitar el adiestramiento del cuadro técnico de estos sistemas puede ser muy ventajosa con vistas a la reducción del tiempo, recursos y coste del entrenamiento. Si estos modelos son accesibles a través de internet la ventaja se multiplica, ya que esta característica flexibiliza el procedimiento de aprendizaje al eliminar las restricciones espacio-temporales del proceso de instrucción haciendo posible y posibilitando incluso la colaboración en la formación técnica entre organizaciones punteras del área de la tecnología láser de diferentes países.

9. Conclusiones

Se ha diseñado y desarrollado un laboratorio virtual de aplicaciones industriales de láseres de potencia que incluye un sistema experto basado en el sistema web. Los usuarios sólo necesitan un ordenador con conexión a internet y un navegador web para aprovechar todas sus funcionalidades. Las principales ventajas residen en la facilidad de uso del sistema, la inexistencia de restricciones temporales y espaciales

de uso, la posibilidad de obtener resultados de forma automática e inmediata y la facilidad para ampliar el sistema con otros parámetros y procesos. En este momento el sistema dispone de un número suficiente de experimentos para mostrar cómo afectan todas las variaciones posibles de los parámetros a los resultados del tratamiento, de forma que el usuario pueda realizar una predicción-evaluación previa a la puesta en práctica real de los procesos.

Como líneas de futuro desarrollo se encuentran la extensión del sistema al tratamiento térmico de otros materiales como a otro tipo de procesos realizados con láser (corte, soldadura, aleación, tratamientos por onda de choque...) y la posibilidad de control *online* (en tiempo real) del sistema.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer la colaboración de Julio A. Martín en el diseño de la aplicación así como al personal del Centro Láser de la Universidad Politécnica de Madrid por la ayuda en la realización de los ensayos experimentales de los tratamientos térmicos superficiales y a la División de Informática Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid por su apoyo en el desarrollo de la aplicación software.

REFERENCIAS

- [1] J. F. Ready, *Industrial Applications of Lasers*, Academic Press, Oxford (1978).
- [2] V. Gregson, *Laser Heat Treatment*, Laser Materials Processing, ed. M. Bass, North Holland (1983).
- [3] H. W. Bergmann, *Surface Treatment*, Proc. EuroLaser Academy, Aquisgrán, (1993).
- [4] W. W. Duley, *Laser Processing and Analysis of Materials*, Plenum Press, Oxford (1983).
- [5] P. Molera, *Tratamientos Térmicos de los Metales*, Marcombo, Barcelona (1991).
- [6] A. García-Beltrán, Desarrollo y validación de un modelo computacional para la predicción y caracterización de procesos de tratamiento térmico superficial de materiales con láser, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (1996).
- [7] J. M. González, *Desarrollo de una aplicación online para un modelo de evaluación-predicción de procesos de temple superficial con láser*, Proyecto Fin de Carrera nº 06996372, ETSI Industriales – UPM (2007).
- [8] Ubuntu home page. URL: <http://www.ubuntu.com/> - Última visita: 5 de diciembre de 2008.
- [9] The Apache Software Foundation. URL: <http://www.apache.org/> - Última visita: 5 de diciembre de 2008.
- [10] MySQL, A Guide to Developing an Enterprise Open Source Strategy. URL: <http://www.mysql.com>. - Última visita: 5 de diciembre de 2008.
- [11] PHP website. URL: <http://www.php.net/> . - Última visita: 5 de diciembre de 2008.

- [12] Mozilla Developer Center – About JavaScript. URL: https://developer.mozilla.org/en/About_JavaScript. - Última visita: 5 de diciembre de 2008.
- [13] phpMyAdmin website. URL: http://www.phpmyadmin.net/home_page/index.php. - Última visita: 5 de diciembre de 2008.
- [14] Cascading Style Sheets home page. URL: <http://www.w3.org/Style/CSS/> . - Última visita: 5 de diciembre de 2008.